

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

② Offenlegungsschrift  
⑩ DE 40 35 970 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
H 02 P 8/00  
H 02 H 7/093

②1 Aktenzeichen: P 40 35 970.0  
②2 Anmeldetag: 12. 11. 90  
④3 Offenlegungstag: 6. 6. 91

DE 40 35 970 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1

29.11.89 AT 2720/89

⑦1 Anmelder:

Uher AG für Zähler und elektronische Geräte, Wien,  
AT

⑦4 Vertreter:

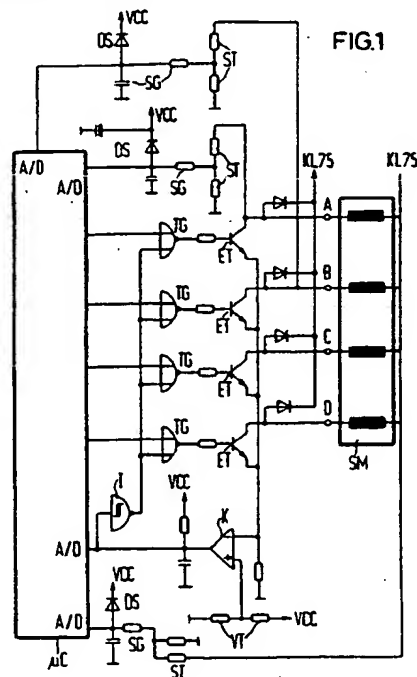
Fuchs, F., Dr.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

⑦2 Erfinder:

Fritzsche, Hans-Volker, Dipl.-Ing., Wien, AT

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Bewegungserkennung eines mehrphasigen Schrittmotors

Ein Mikrocomputer ( $\mu C$ ) steuert über Treibergatter (TG) und Endtransistoren (ET) die Phasen eines Schrittmotors (SM) an. Die Spannungen zweier Phasen werden über Spannungsteiler (ST) und Siebglieder (SG) dem Mikrocomputer ( $\mu C$ ) zur Auswertung zugeführt. Falls der Schrittmotor (SM) blockiert ist, treten Spannungseinbrüche bei den Phasenspannungen auf. Sie können auf allen vier Phasen auftreten, sich bei zwei Phasen im Rhythmus von einigen Sekunden abwechseln oder sogar nach einigen Sekunden nur noch an einer Phase auftreten. Aus diesen Gründen müssen zwei aufeinanderfolgende Phasen zur Auswertung herangezogen werden. Während zweier Schritte mit positiver Spannung werden Abtastwerte in gleichmäßigen Abständen aufgenommen und gespeichert. Störspitzen, die nur während eines Abtastwertes auftreten, werden nicht als Einsenkung gedeutet. Ebenso werden keine Impulse beim Durchfahren der Start- oder Stopprampe des Schrittmotors (SM) ausgewertet. Über den Mikrocomputer ( $\mu C$ ) können auch noch Welligkeiten der Versorgungsspannung berücksichtigt werden. Diese Überwachung ist insbesondere gegen in Kraftfahrzeugen auftretende Hochfrequenzstörungen unempfindlich.



DE 40 35 970 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bewegungserkennung eines mehrphasigen, unipolaren Schrittmotors durch Überwachung einer am Schrittmotor anliegenden Spannung.

Um festzustellen, ob ein angesteuerter Schrittmotor blockiert ist, wird üblicherweise die Motorengleichung:

$$U_{\text{mot}} = R \times I + L \times di/dt + EMK$$

ausgewertet. Der Faktor  $di/dt$  ist als Differentialquotient prinzipiell schwierig auszuwerten. Die Hochfrequenzempfindlichkeit derartiger Verfahren ist sehr hoch.

Ein derartiges Verfahren wird in der EP-A 3 05 876 beschrieben. Zur Bewegungserkennung wird der Motorstrom differenziert, und dieser Wert sinkt nach einem Schritt innerhalb eines bestimmten Intervalles unter ein bestimmtes Niveau. Wird kein Schritt ausgeführt, so bricht der Wert zusammen (siehe Fig. 5).

In der EP-A 46 722 wird ein Bewegungssensor eines Schrittmotors beschrieben, der den induzierten Strom in einer jeweils nicht erregten Statorwicklung mißt. Die induzierte Spannung steigt über einen festgelegten Wert, wenn der Motor blockiert ist. Es wird nur ein, zyklisch wechselnder Phasenstrang überwacht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Bewegungserkennung von Schrittmotoren störungsempfindlicher zu machen.

Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß die Spannungsverläufe mindestens zweier aufeinanderfolgender Phasenstränge am Schrittmotor über eine Meßschaltung in kleinen Schritten abgetastet, digitalisiert und von einem Mikrocomputer ausgewertet werden, daß jeder Phasenspannungswert mit einem Sollwert verglichen und ein Spannungseinbruch erst dann registriert wird, wenn mehr als ein aufeinanderfolgender Abtastwert vom Sollwert abweicht, daß der Sollwert aus der Versorgungsspannung und gespeicherten Referenzläufen des Schrittmotors gewonnen wird, wobei die Abtastzeit der Versorgungsspannung nur um einige Mikrosekunden von dem Abtastaster der Phasenspannungen abweicht, daß eine Welligkeit in der Versorgungsspannung rechnerisch ausgeglichen wird und daß die digitalisierten Phasenspannungen und die digitalisierte Versorgungsspannung während mindestens so vieler Schritte des Motors gespeichert und anschließend ausgewertet werden, als der Schrittmotor Phasen hat.

Während mindestens zweier Schritte wird die Phasenspannung abgetastet und in einem Speicher des Mikrocomputers abgespeichert. Dies ermöglicht eine kurze Programmlaufzeit und vereinfacht die Programmlogik. Die Phasenspannungswerte werden während der anschließenden Schritte verarbeitet. Die Blockierung des Schrittmotors wird durch den Einbruch der Phasenspannung festgestellt. Spannungseinbrüche können bei allen Phasen des Schrittmotors auftreten, es kommt aber auch vor, daß die Spannungseinbrüche bei den beiden gemessenen Phasen sich im Rhythmus von einigen Sekunden abwechseln. Ebenso ist es möglich, daß nach einigen Sekunden die Spannungseinbrüche nur noch in einer Phase auftreten. Daher müssen die beiden ausgewählten, aufeinanderfolgenden Phasenstränge zur Auswertung herangezogen werden. Zur Unterdrückung von Störspitzen wird ein Spannungseinbruch erst dann registriert, wenn mehr als ein aufeinanderfolgender Phasenspannungswert vom Sollwert abweicht.

Es ist vorteilhaft, daß während Start- und Anhaltezeit des Schrittmotors keine Bewegungsüberwachung vor-

genommen wird, da während dieser Zeiten der Spannungsverlauf vom Normalwert abweicht und eine Fehlmeldung ausgelöst werden könnte.

Zur Durchführung des Verfahrens ist es vorteilhaft, daß der Mikrocomputer über eine Treiberschaltung mit den Phaseneingängen des Schrittmotors verbunden ist, daß mindestens zwei Meßschaltungen einerseits mit je einer Phase und andererseits über Analog/Digital-Wandler mit Eingängen des Mikrocomputers verbunden sind und daß eine Meßschaltung mit einer Spannungsklemme und über einen Analog/Digital-Wandler mit einem Eingang des Mikrocomputers verbunden ist.

Darüberhinaus ist es vorteilhaft, daß die Meßschaltung aus einem Spannungsteiler und einem Siebglied besteht und über eine Schutzdiode mit der Betriebsspannungsquelle verbunden ist. Mit dem Spannungsteiler wird die Phasenspannung an den Spannungsbereich des Mikrocomputers angepaßt und das Siebglied unterdrückt Hochfrequenzstörungen. Die Schutzdiode hält Überspannungen von der Meßschaltung ab.

Zur Überwachung des Gesamtstroms ist ein Eingang eines Komparators mit Phasenausgängen der Treiberschaltung und der Ausgang parallel zu einem Überwachungskondensator mit einem Inverter verbunden und ist der Inverter ausgangsseitig mit Steuereingängen der Treiberschaltung verbunden. Falls der Strom zu groß wird, entleert der Komparator den Überwachungskondensator und sperrt über das Invertergatter die Treiberschaltung.

Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels mit drei Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 die Schaltung des Ausführungsbeispiels,

Fig. 2 den Verlauf der Phasenspannungen bei Blockierung und

Fig. 3 einen weiteren Spannungsverlauf der Phasen bei Blockierung.

Fig. 1 zeigt eine Schrittmotoransteuerung für einen 4-phasigen Schrittmotor SM mit unipolarer Ansteuerung, der in einem Kraftfahrzeug verwendet wird. Ein Mikrocomputer  $\mu C$  verfügt über eingebaute Analog/Digital-Wandler mit Eingängen A/D. Die Phaseneingänge A, B, C, D des Schrittmotors werden über Treibergatter TG und Endtransistoren ET vom Mikrocomputer  $\mu C$  angesteuert. Ein Komparator K überwacht den Gesamtstrom und ist mit Ausgängen der Endtransistoren ET verbunden. An seinem zweiten Eingang liegt über einen Vergleichsspannungsteiler VT die Betriebsspannungsquelle VCC an. Falls der Gesamtstrom zu groß wird, entleert der Komparator K einen ausgangsseitig parallel geschalteten Überwachungskondensator C1 und sperrt über einen Inverter I die Treibergatter TG.

An zwei Phaseneingängen A, B wird die Spannung für die Bewegungskontrolle des Schrittmotors SM abgegriffen. In der Kraftfahrzeugelektronik kann diese Phasenspannung im Normalbetrieb ungefähr zwischen 0 V und 16 V liegen. Die Höhe ist von der Bordnetzspannung abhängig. Beim "Jump-Start" ist eine Spannung von ca. 24 V möglich. In den Meßschaltungen wird mit Spannungsteilern ST der Spannungsbereich von 0 V bis 16 V auf einen Hub von 0 V bis 5 V reduziert. Spannungen aus dem 24 V-Bereich werden über Schutzdioden DS abgeblockt. Siebglieder SG unterdrücken Hochfrequenzstörungen. Über die Meßschaltungen aus Spannungsteiler ST und Siebglied SG erfolgt die Verbindung der Phaseneingänge A, B mit Eingängen A/D des Mikrocomputers  $\mu C$ .

Die vier Phasen des Schrittmotors SM werden mit

aufeinanderfolgenden Impulsfolgen vom Mikrocomputer  $\mu C$  angesteuert. Jede Phase ist um einen Schritt gegenüber der vorherigen verschoben. Die Bordnetzspannung beträgt 12 V. Die Überwachung erfolgt über den Verlauf der Phasenspannungen am jeweiligen Endtransistor ET der beiden Phaseneingänge A, B. Über den Mikrocomputer  $\mu C$  werden die Spannungen der beiden aufeinanderfolgenden Phasen gemessen. Während zweier Schritte mit positiver Phasenspannung werden jeweils 10 Abtastwerte in gleichmäßigen Abständen in einem wahlfreien Zugriffsspeicher (RAM) des Mikrocomputers  $\mu C$  abgespeichert. Falls der Schrittmotor SM blockiert ist, treten Spannungseinbrüche der Phasenspannungen auf.

Fig. 2 zeigt Einbrüche der Phasenspannungen, die als signifikant ausgewertet werden. Zuerst wird vom Mikrocomputer verifiziert, ob der Spannungsverlauf eine deutliche Einsenkung in Form einer Kurve aufweist. Störspitzen, die nur während eines Abtastwertes vorhanden sind, werden nicht als Einsenkung gedeutet. Ebenso werden keine Impulse bei Durchfahren der Start- oder Stoprampe des Schrittmotors ausgewertet. Um gegen Fehlimpulse sicherer zu sein, wird diese Auswertung einige Male wiederholt.

In Fig. 3 ist dargestellt, daß die Einsenkungen auch von der Bordspannung abhängig sind. Um gute Ergebnisse zu erhalten, ist diese Abhängigkeit vom Mikrocomputer dadurch auszugleichen, daß die Versorgungsspannung des Schrittmotors gemessen wird. Falls in dieser eine signifikante Welligkeit vorhanden ist, wird diese in der Auswertung berücksichtigt. Weiters wird die Welligkeit der Impulse während der ungestörten Rotation des Schrittmotors als Kriterium berücksichtigt. Bei Blockierung des Schrittmotors kann ein Notprogramm ablaufen, das vom Mikrocomputer ausgewählt wird.

Im Bereich der Kraftfahrzeugelektronik ist es jedoch zweckmäßiger, die Anpreßimpulse an den Endanschlüssen des Schrittmotors zu minimieren. Da jeder dieser Impulse eine Hochfrequenzstörung darstellt, wird diese Störung so gering als möglich gehalten. Nach dem Starten des Fahrzeuges wird bei Bedarf das erste Mal normal angepreßt. Falls eine weitere Schrittsynchronisation mit Anpressen nach dem Start erforderlich ist, kann das Anpressen abgekürzt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Bewegungserkennung eines mehrphasigen, unipolaren Schrittmotors (SM) durch Überwachung einer am Schrittmotor (SM) anliegenden Spannung, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungsverläufe mindestens zweier aufeinanderfolgender Phasenstränge am Schrittmotor (SM) über eine Meßschaltung in kleinen Schritten abgetastet, digitalisiert und von einem Mikrocomputer ( $\mu C$ ) ausgewertet werden, daß jeder Phasenspannungswert mit einem Sollwert verglichen und ein Spannungseinbruch erst dann registriert wird, wenn mehr als ein aufeinanderfolgender Abtastwert vom Sollwert abweicht, daß der Sollwert aus der Versorgungsspannung und gespeicherten Referenzläufen des Schrittmotors (SM) gewonnen wird, wobei die Abtastzeit der Versorgungsspannung nur um einige Mikrosekunden von dem Abtastaster der Phasenspannungen abweicht, daß eine Welligkeit in der Versorgungsspannung rechnerisch ausgeglichen wird und daß die digitalisierten Phasenspannungen und die digitalisierte Versor-

gungsspannung während mindestens so vieler Schritte des Motors gespeichert und anschließend ausgewertet werden, als der Schrittmotor (SM) Phasen hat.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß während Start- und Anhaltezeit des Schrittmotors (SM) keine Bewegungsüberwachung vorgenommen wird.

3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikrocomputer ( $\mu C$ ) über eine Treiberschaltung mit den Phaseneingängen (A, B, C, D) des Schrittmotors (SM) verbunden ist, daß mindestens zwei Meßschaltungen einerseits mit je einer Phase und andererseits über Analog/Digital-Wandler mit Eingängen des Mikrocomputers ( $\mu C$ ) verbunden sind und daß eine Meßschaltung mit einer Spannungs-klemme (KL 75) und über einen Analog/Digital-Wandler mit einem Eingang des Mikrocomputers ( $\mu C$ ) verbunden ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßschaltung aus einem Spannungsteiler (ST) und einem Siebglied (SG) besteht und über eine Schutzdiode (DS) mit der Betriebsspannungsquelle (VCC) verbunden ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Eingang eines Komparators (K) mit Phasenausgängen der Treiberschaltung und der Ausgang parallel zu einem Überwachungskondensator (CI) mit einem Inverter (I) verbunden ist und daß der Inverter (I) ausgangsseitig mit Steuereingängen der Treiberschaltung verbunden ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

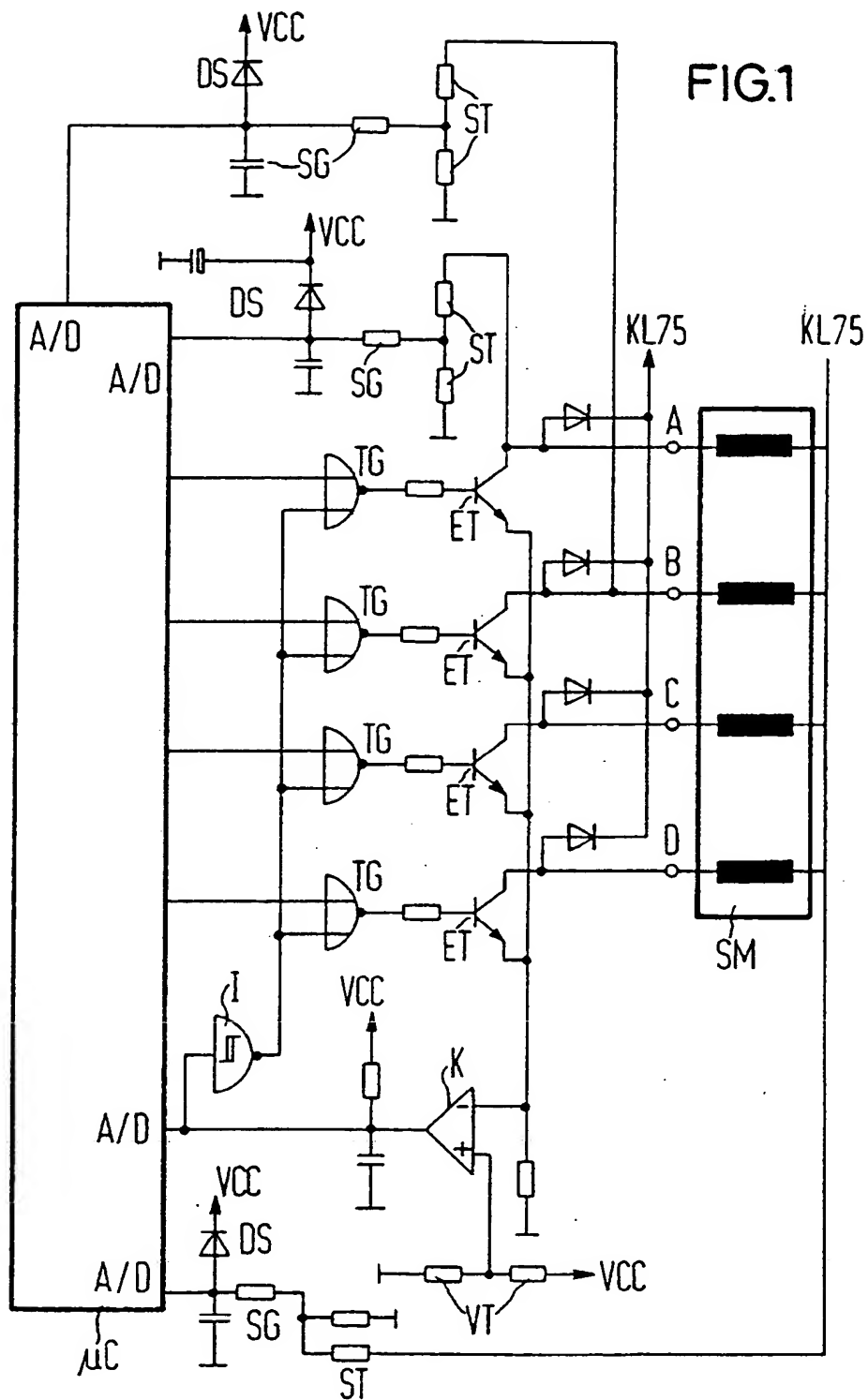


FIG.2

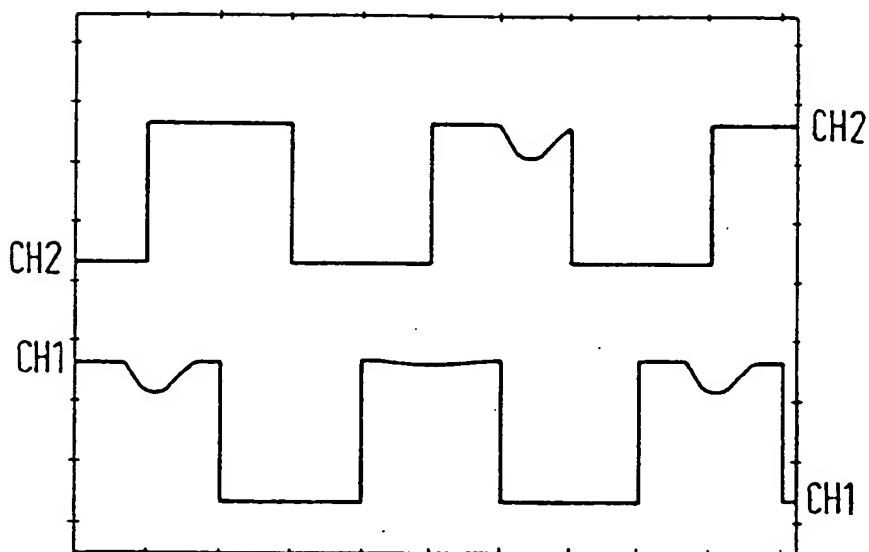


FIG.3

